

**Procedure for evacuation of a container in which a plasma discharge is to be set up in a plasma reactor for sterilization of components has a multi-stage pumping process with vacuum pumps efficient over different pressures**

Patent number: DE19916478  
 Publication date: 2000-10-19  
 Inventor: STAHLER WERNER (DE); FROST ROBERT (DE)  
 Applicant: RUEDIGER HAAGA GMBH (DE)  
 Classification:  
 - International: A61L2/14  
 - European: A61L2/14  
 Application number: DE19991016478 19990413  
 Priority number(s): DE19991016478 19990413

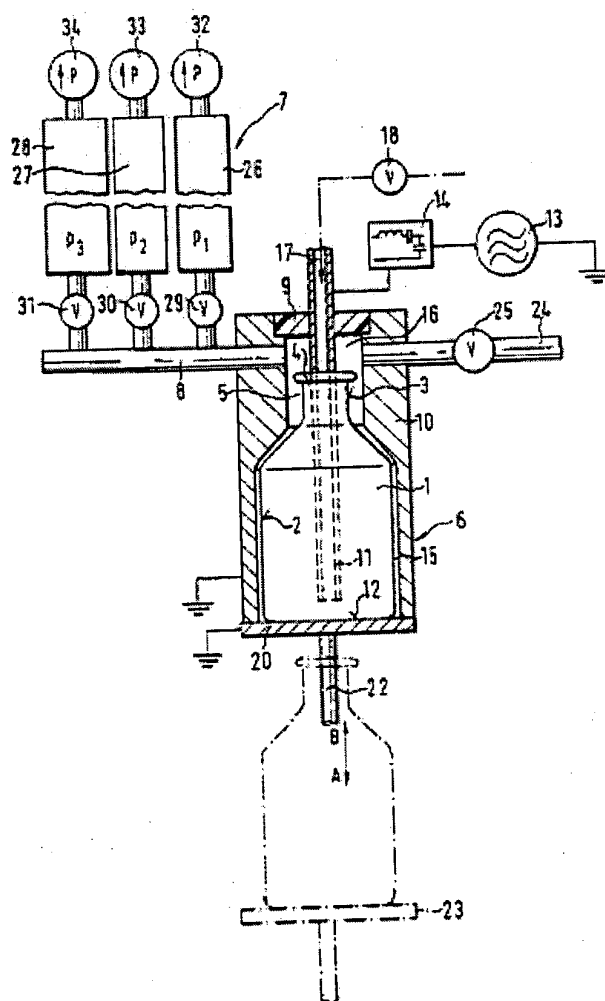
Also published as:

US6488889 (B1)  
 JP2000316954 (A)

Report a data error here

**Abstract of DE19916478**

Procedure has two or more, but most likely three, sequential evacuation steps so that the reactor container (1) is lowered to a first intermediate pressure in a first step whilst connected to one of three low pressure chambers (26,27,28) and pumped down using one of three pumps (32,33,34). Subsequent second and third steps lower the pressure still further. The pumps are connected in parallel and once a certain pressure is reached the container is connected to the next pump etc.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 199 16 478 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**A 61 L 2/14**

21 Aktenzeichen: 199 16 478.9  
22 Anmeldetag: 13. 4. 1999  
43 Offenlegungstag: 19. 10. 2000

DE 199 16 478 A 1

71 Anmelder:  
Rüdiger Haaga GmbH, 78727 Oberndorf, DE  
74 Vertreter:  
Patentanwälte Wilhelm & Dauster, 70174 Stuttgart

72 Erfinder:  
Stahlecker, Werner, 73033 Göppingen, DE; Frost,  
Robert, Dr., 84034 Landshut, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Evakuieren eines Plasmasterilisations-Reaktors

57 Beschrieben wird ein Verfahren zum Evakuieren eines Reaktors, in welchem wenigstens ein Gegenstand mittels eines Niederdruckplasmas sterilisiert wird. Der Reaktor muss dabei vom Atmosphärendruck bis auf den Plasma-Entladungsdruck evakuiert werden. Dabei sind wenigstens zwei aufeinander folgende, voneinander getrennte Evakuierungsstufen vorgesehen. In der ersten Evakuierungsstufe und einer eventuell weiteren Evakuierungsstufe wird der Reaktor stufenweise auf einen reduzierten Zwischendruck gebracht. In der letzten Evakuierungsstufe wird der Reaktor dann auf den Plasma-Entladungsdruck evakuiert. Für jede Evakuierungsstufe ist vorteilhaft eine gesonderte Unterdruckkammer vorgesehen, an welche der Reaktor jeweils angeschlossen wird. Man erreicht den Vorteil, dass nicht die gesamte Gasmenge durch eine einzelne Pumpe bzw. einen einzelnen Pumpenstand gefördert werden muss.

DE 199 16 478 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Evakuieren eines Reaktors, in welchem wenigstens ein Gegenstand mittels eines Niederdruckplasmas sterilisiert wird, vom Atmosphärendruck auf den Plasma-Entladungsdruck.

Derartige Reaktoren sind beispielsweise durch das US-Patent 3,701,628 Stand der Technik. Dabei kann es erforderlich sein, den Reaktor auf Drücke zu evakuieren, die nur noch bei Bruchteilen eines Millibars liegen.

Die sterilisierende Wirkung eines Plasmas beruht sowohl auf einer mechanischen Zerstörung der Keime durch Ionenbeschuss als auch auf einer chemischen Zerstörung durch entstehende Radikale. Bei nur geringem Energiebedarf kann das Plasma in kleinste Oberflächenrisse und -löcher eindringen, wobei mit zunehmendem Unterdruck sich die Temperatur so weit verringern lässt, dass auch hitzeempfindliche Gegenstände, beispielsweise Flaschen aus Kunststoff, behandelt werden können.

Beim Sterilisieren beispielsweise der Innenflächen von Behältern muss vor Beginn der Plasmaphase der Behälterinnendruck vom Atmosphärendruck (1000 mb) auf den Plasma-Entladungsdruck (beispielsweise 0,2 mb) verringert werden. Wenn in einer industriellen Anlage innerhalb kürzester Zeit eine Vielzahl von Behältern und damit Reaktoren zu Evakuieren ist, dann sind Gasvolumina abzupumpen, die auf dem Niveau des Plasma-Entladungsdrucks ohne weiteres Tausende von Litern pro Sekunde erreichen können. Dies führt in der Praxis zu enormen Schwierigkeiten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, das Abpumpen großer Gasmengen bei zu evakuierenden Reaktoren auch bei kleinsten Plasma-Entladungsdrücken wirtschaftlich und mit geringem Aufwand durchzuführen.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass wenigstens zwei aufeinander folgende, voneinander getrennte Evakuierungsstufen vorgesehen sind, wobei der Reaktor in der ersten Evakuierungsstufe auf einen Zwischendruck und in der letzten Evakuierungsstufe wenigstens auf den Plasma-Entladungsdruck evakuiert wird.

Statt eines einstufigen Evakuierens wird somit ein sogenanntes differenzielles Evakuieren der Reaktoren vorgenommen. Für jede Evakuierungsstufe lassen sich dann Vakuumpumpen einsetzen, die für den bestimmten Druckbereich besonders effizient sind. Die einzelnen Pumpen sind also parallel geschaltet, so dass sie verschiedene Massenströme fördern. Hierdurch lässt sich der Großteil der zu pumpenden Gasmenge, beispielsweise 97%, mit der ersten Evakuierungsstufe abpumpen, so dass dieser an der zweiten und gegebenenfalls dritten Evakuierungsstufe, die dann auf niedrigem Druckniveau arbeiten, vorbeigeführt wird. Dies erspart den letztgenannten Pumpen, dass – auf deren Druckniveau betrachtet – riesige Gasvolumina durch sie bewältigt werden müssen. Hierzu sei angemerkt, dass sich beim Expandieren eines Gases auf einen immer kleiner werdenden Druck sein Volumen bekanntermaßen um den entsprechenden Faktor erhöht.

Vorteilhaft ist für jede Evakuierungsstufe eine gesonderte Unterdruckkammer vorgesehen, an welche der Reaktor jeweils angeschlossen wird. Beispielsweise können drei Unterdruckkammern vorgesehen werden, die sich auf verschiedenen Druckniveaus befinden.

Es sei hierzu ein Beispiel angeführt:

In einer ersten Evakuierungsstufe kann man den jeweiligen Reaktor beispielsweise vom Atmosphärendruck auf einen Zwischendruck von 30 mb abpumpen. In einer weiteren Evakuierungsstufe bringt man dann das Druckniveau auf beispielsweise 1,3 mb. In der anschließenden dritten und letzten Evakuierungsstufe erreicht man dann den Plasma-

Entladungsdruck von beispielsweise 0,2 mb. Durch dieses differenzielle Evakuieren erreicht man in der Praxis, dass pro Evakuierungsstufe lediglich einige Hundert Liter an Gasvolumen pro Sekunde abzupumpen sind. Ohne dieses differenzielle Pumpen müsste die Pumpe hingegen mehrere Tausend Liter pro Sekunde fördern.

Das in der letzten Evakuierungsstufe erreichte Druckniveau wird bis zum Ende des Sterilisationsvorganges aufrechterhalten, also während der gesamten Plasmaphase.

Bei einer Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens kann eine Vielzahl von Reaktoren vorgesehen sein, die jeweils mit Einrichtungen zur Aufnahme wenigstens eines zu sterilisierenden Behälters versehen sind und denen wenigstens zwei Unterdruckkammern unterschiedlichen Druckniveaus zugeordnet sind, an welche die Reaktoren aufeinander folgend über Ventile oder dergleichen anschließbar sind. Beispielsweise kann alle 0,2 Sekunden ein zu sterilisierender Behälter zugeführt werden, dessen Innendruck dann auf den entsprechenden Plasma-Entladungsdruck gebracht werden muss. Die einzelnen Pumpen werden somit nicht unmittelbar mit den zu evakuierenden Reaktoren verbunden, sondern sind ständig an die Unterdruckkammern angeschlossen, denen wiederum sukzessive die zu evakuierenden Reaktoren zugeschaltet werden. Damit wird erreicht, dass die für das Evakuieren auf den Plasma-Entladungsdruck zur Verfügung stehende Zeit länger ist als die Taktzeit, mit welcher die einzelnen Behälter zugeführt werden.

In Ausgestaltung der Erfindung sind die Reaktoren am Umfang eines Rundläufers angeordnet, welcher mehrere stationär angeordnete Sektoren durchläuft, denen jeweils eine Unterdruckkammer unterschiedlichen Druckniveaus zugeordnet ist. Die Unterdruckkammern sind dabei zweckmäßig als mit dem Rundläufer mitrotierende Ringkanäle ausgebildet.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

Fig. 1 eine teilweise geschnittene Sterilisiereinrichtung mit einem Reaktor, in welchem ein Behälter mittels eines Niederdruckplasmas sterilisiert wird,

Fig. 2 in sehr schematischer Darstellung die Draufsicht auf einen eine Vielzahl von Reaktoren enthaltenden Rundläufer.

Die in Fig. 1 dargestellte Sterilisiereinrichtung dient dem Sterilisieren von Behältern 1 mittels eines Niederdruckplasmas und dadurch bei niedrigen Temperaturen. Bei diesen Behältern 1, welche drucklabil und elektrisch nicht leitend sind, sollen insbesondere die Innenflächen 2 keimfrei gemacht werden. Von den Außenflächen 3 hingegen brauchen nur diejenigen sterilisiert zu werden, die sich im Bereich einer Füllöffnung 4 befinden, nämlich ein Transportkragen und ein Gewinde für einen später aufzubringenden Verschluss des Behälters 1. Zum Sterilisieren wird jeweils ein Behälter 1 in einer Kammer 5 eines evakuierbaren Reaktors 6 aufgenommen, der an eine Evakuiereinrichtung 7 angeschlossen ist. Über ein im Bereich der Füllöffnung 4 mündendes Absaugrohr 8 werden sowohl die Kammer 5 als auch der Behälter 1 evakuiert.

Zum Erzeugen des Plasmas sind zwei koaxial zueinander angeordnete und gegeneinander durch eine Isolation 9 isolierte Elektroden 10 und 11 vorgesehen, von denen die Elektrode 10 als Außenelektrode und die Elektrode 11 als Innenelektrode ausgebildet ist. Die Außenelektrode 10 ist geerdet und so gestaltet, daß sie bei Betrieb eine Kammer 5 bildet, welche den Behälter 1 aufnimmt und mit einer Wandung eng umschließt. Dies macht es möglich, dass sich ein Vakuum sowohl im Inneren des Behälters 1 als auch außerhalb

des Behälters 1 befindet, so dass dieser nicht formstabil zu sein braucht. Die Innenelektrode 11 ist durch die Füllöffnung 4 einführbar und endet in der Nähe des Behälterbodens 12.

Dem Erzeugen der Wechselspannung dient ein Hochfrequenz-Generator 13, der eine Leistung mit einer zugelassenen Industriefrequenz, beispielsweise 13,56 oder 27,12 MHz liefert. Die Leistung wird von einem Anpassnetzwerk 14 über die Innenelektrode 11 kapazitiv eingekoppelt.

Auf Grund des engen Spaltes 15 zwischen der Wandung der Außenelektrode 10 und der Außenkontur des Behälters 1 kann außerhalb des Behälters 1 kein Plasma gezündet werden. Dieser wünschenswerte Zustand ist dann gegeben, wenn der Spalt 15 nur wenige Millimeter breit ist. Das Plasma wird also im Wesentlichen nur im Inneren des Behälters 1 gezündet, so dass im Wesentlichen auch nur dessen Innenflächen 2 sterilisiert werden.

Da neben den Innenflächen 2 auch ein Teil der Außenflächen 3 im Bereich der Füllöffnung 4 mitsterilisiert werden soll, weist die Außenelektrode 10 in diesem Bereich eine Aussparung 16 derart auf, dass die Außenelektrode 10 gegenüber den Außenflächen 3 Spiel hat. Dadurch kann das gezündete Plasma auch den Transportkragen und das Gewinde erreichen.

Die Innenelektrode 21 enthält eine Zuleitung 17 für zu ionisierendes Prozessgas. Über ein Ventil 18 wird das Prozessgas in den Behälter 1 und somit in die Kammer 5 eingelassen. Der Druck lässt sich durch eine nicht dargestellte Druckmesseinrichtung kontrollieren. Der am besten geeignete Plasma-Entladungsdruck ist abhängig von der Gasart und kann im Bereich von 0,1 Pa bis zu einigen Hundert Pa liegen. Ein besonders geeignetes Prozessgas ist beispielsweise Wasserstoffperoxid, es können aber auch grundsätzlich andere Gase verwendet werden.

Bei geschlossener Kammer 5 steht der Behälter 1 mit seinem Behälterboden 12 auf einem Boden 20 des Reaktors 6. Der Boden 20 besitzt eine leitende und ebenfalls geerdete Grundplatte und kann somit bei Betrieb die Außenelektrode 10 fortsetzen. Der Boden 20 ist ebenfalls entsprechend dem Behälterboden 12 geformt, so dass auch hier außerhalb des Behälters 1 kein Plasma gezündet wird.

Der Boden 20 ist auf einer entsprechend den Bewegungsrichtungen A und B bewegbaren Hubstange 22 angebracht, so dass die Kammer 5 zum Ein- und Ausführen des Behälters 1 geöffnet und geschlossen werden kann. Mit 23 ist strichpunktiert die abgesenkte Position des Bodens 20 angedeutet.

Im Bereich der Füllöffnung 4 mündet eine Zuleitung 24 für ein steriles Flutgas nach beendeter Sterilisation. Die Zuleitung 24 enthält ein Ventil 25.

Durch die koaxiale Anordnung der Innenelektrode 11 zur Außenelektrode 10 ist die Leistungseinkopplung axialsymmetrisch und daher sehr homogen. Die geerdete Außenelektrode 10 bildet zusammen mit dem ebenfalls geerdeten Boden 20 eine perfekte Hochfrequenz-Abschirmung des Reaktors 6. Lediglich die aus der Kammer 5 nach oben herausragende Innenelektrode 11 und das unmittelbar in diesem Bereich anzubringende Anpassnetzwerk 14 benötigen eine zusätzliche Abschirmung.

Dadurch, dass die Zuleitung 17 für das Prozessgas im Inneren der Innenelektrode 11 angeordnet ist, lässt sich das Innere des Behälters 1 schnell und einfach mit dem Prozessgas fluten, wobei gleichzeitig die noch vorhandene Restluft verdrängt wird. Dies kann auf dem Niveau des Prozessdrucks geschehen, so dass es nicht erforderlich ist, die Kammer 5 unter den Entladungsdruck zu evakuieren. Durch Aufrechterhalten einer stationären Prozessgasströmung während der

Plasmaphase lässt sich zudem ein reproduzierbarer Prozessverlauf gewährleisten.

Gegebenenfalls kann die Innenelektrode 11 zusätzlich auch noch als Füllrohr dienen. Dabei lässt sich vorteilhaft ein hohler Ventilstößel zur Prozessgaszufuhr verwenden, während die äußere ringförmige Querschnittsfläche dann für das Füllgut zur Verfügung steht.

Der Prozessablauf geschieht folgendermaßen:

Zunächst wird der Behälter 1, auf dem Boden 20 des Reaktors 6 stehend, in die Kammer 5 von unten eingeschoben. Hierbei wird der Boden 20 an die Außenelektrode 10 ange-drückt und die Kammer 5 unter Zwischenschaltung einer Dichtung verschlossen.

Über die Evakuiereinrichtung 7 wird anschließend die Kammer 5 zusammen mit dem Behälter 1 evakuiert, und zwar lediglich bis auf Plasma-Entladungsdruck. In dieser Phase ist die Kammer 5 nur noch mit Restluft gefüllt.

Nun wird über die im Inneren der Innenelektrode 11 befindliche Zuleitung 17 Prozessgas zugegeben, wobei die Restluft von unten nach oben aus dem Behälter 1 verdrängt und im Kopfbereich des Reaktors 6 abgesaugt wird. Diese Prozessgasströmung kann, gegebenenfalls in verringertem Maß, auch nach der nun folgenden Plasmazündung bis zum Ende der Plasmaphase aufrechterhalten werden. Durch dieses Strömen während der Plasmaphase wird in technisch einfacher Weise sichergestellt, dass wirklich der gewünschte Zustand herrscht und dass die maximale Prozessgas-Konzentration im Inneren des Behälters 1 gewährleistet ist.

Nach Beendigung der Plasmasterilisation und nach Abschalten der Strömung des Prozessgases wird mit Flutgas geflutet, beispielsweise mit Sterilluft oder sterilem Inertgas. Zu bevorzugen wäre beispielsweise Stickstoff. Das Spülgas wird über die Zuleitung 24 in den Kopfraum des Reaktors 6 eingebracht. Beträgt der Prozessdruck beispielsweise 20 bis 50 Pa, so erhält man beim Fluten auf Normaldruck eine Konzentrationsverringerng des noch im Behälter 1 befindlichen Prozessgases um einen Faktor 2000 bis 5000. Wird Wasserstoffperoxid als Prozessgas verwendet, bleiben nach Plasmaabschaltung im Wesentlichen nur Wasser und molekularer Sauerstoff übrig.

Wenn der Behälter 1 zusätzlich im Reaktor 6 nun befüllt wird, lässt sich durch vorheriges Fluten mit Stickstoff auf einen Druck von eventuell deutlich über einem Bar, also durch Vorspannen mit sterilem Stickstoff, ein Schäumen des Füllgutes verringern oder gegebenenfalls vollständig unterdrücken, wodurch ein schnelleres Befüllen möglich wird.

Eine nicht dargestellte Vorrichtung zum Verschließen des Behälters 1 ist zweckmäßig unterhalb des Reaktors 6 angebracht. Sobald der Behälter 1 nach unten aus der Kammer 5 herausgezogen ist, kann der Behälter 1 durch einen Verschluss verschlossen werden.

Wie bereits erwähnt, muss der Reaktor 6, also dessen Kammer 5 vom Atmosphärendruck auf den Plasma-Entladungsdruck, beispielsweise 0,2 mb, evakuiert werden. Bei einer industriellen Großanlage muss dieser Vorgang in Sekundenbruchteilen wiederholt werden, wegen der Vielzahl von zu sterilisierenden Behältern 1. Wenn beispielsweise alle 0,2 Sekunden ein neuer Behälter 1 zugeführt würde, müsste alle 0,2 Sekunden beispielsweise eine Luftmenge von einem Liter mit dem Druck 1000 mb evakuiert werden. Auf dem Druckniveau des Plasma-Entladungsdrucks würde das einem Volumen von 5000 Litern entsprechen. Das pro Sekunde zu pumpende Gasvolumen wären dann 25.000 Liter, was zu technisch nicht zu bewältigenden Problemen führen würde. Aus diesem Grunde sind beim Beispiel der Fig. 1 drei aufeinander folgende, voneinander getrennte Evakuierungsstufen vorgesehen, wobei jeder Evakuierungsstufe eine Unterdruckkammer 26, 27, 28 zugeordnet ist. Diese

Unterdruckkammern 26, 27 und 28, welche als Ringleitungen ausgebildet sein können, haben jeweils ein anderes Druckniveau  $p_1$ ,  $p_2$  bzw.  $p_3$ . Beispielsweise hat die erste Unterdruckkammer 26 ein Druckniveau von 30 mb. Die zweite Unterdruckkammer 27 kann ein Druckniveau von beispielsweise 1,3 mb aufweisen. Die dritte Unterdruckkammer 28 führt dann bis zum Plasma-Entladungsdruck, beispielsweise 0,2 mb. Über Ventile 29, 30 und 31 lassen sich die drei Unterdruckkammern 26, 27 und 28 nacheinander, jedoch getrennt voneinander, jeweils dem Reaktor 6 zuschalten. Die den Unterdruckkammern 26, 27 und 28 zugehörigen Pumpen 32, 33 und 34 arbeiten dann nicht, wie sonst allgemein üblich, in Serie, sondern sind parallel geschaltet. Auf diese Weise lassen sich durch das differenzielle Evakuieren große Druckunterschiede erreichen, wobei dennoch pro Pumpe 32, 33 und 34 nur wenige Hundert Liter pro Sekunde zu fördern sind.

Die der ersten Evakuierungsstufe zugeordnete Pumpe 32 pumpt den Großteil der zu pumpenden Gasmenge ab, und zwar beispielsweise 97%. Diese große Gasmenge braucht dann nicht mehr durch die Pumpen 33 und 34 der zwei nächsten Evakuierungsstufen gefördert zu werden, so dass die Pumpen 33 und 34 auf niedrigem Druckniveau bei sehr gutem Wirkungsgrad arbeiten können. Das Druckniveau der letzten Evakuierungsstufe bleibt an den Reaktor 6 angeschlossen, bis die Plasmaphase vorbei ist.

Gemäß der sehr schematisch dargestellten Fig. 2 kann eine Vielzahl von Reaktoren 6 am Umfang eines Rundläufers 42 angeordnet sein. Beispielsweise könnten einhundert derartiger Reaktoren 6 vorhanden sein. Jeder dieser Reaktoren 6 nimmt, wie zuvor anhand der Fig. 1 beschrieben, einen zu sterilisierenden Behälter 1 auf. Diese Behälter 1 werden beispielsweise über eine nicht näher dargestellte Transporteinrichtung in Zuführrichtung C dem Rundläufer 42 zugeführt. Über einen Einlaufstern 43, welcher in Pfeilrichtung rotiert, gelangen die Behälter 1 sukzessive in den Bereich unterhalb der Reaktoren 6 und werden in die Reaktoren 6 in bereits beschriebener Weise eingeschoben. Entsprechend gibt es einen in Pfeilrichtung rotierbaren Auslaufstern 44, über welchen die sterilisierten, gegebenenfalls auch befüllten und verschlossenen Behälter 35 in Abführrichtung D wieder abgeleitet werden.

Wenn der Rundläufer 42 beispielsweise 50 Reaktoren 6 enthält und im Takt von 0,2 Sekunden jeweils ein Behälter 1 zugeführt wird, dann beträgt die Umlaufdauer 10 Sekunden. Die Leistung liegt dann in der Größenordnung von 20.000 Behältern 1 pro Stunde.

Der Rundläufer 42 ist in Laufrichtung E um eine Achse 36 angetrieben. Die einzelnen Reaktoren 6 durchlaufen sogenannte Sektoren, die dem Rundläufer 42 stationär zugeordnet sind und durch kleine Buchstaben sowie einen Doppelpfeil gekennzeichnet sind. In jedem dieser Sektoren a bis h wird ein ganz bestimmter Prozessschritt durchgeführt, wobei die einzelnen Reaktoren 6 infolge der Drehung des Rundläufers 42 nacheinander die einzelnen Sektoren durchlaufen.

Im Sektor a werden die zu sterilisierenden Behälter 1 dem Rundläufer 42 zugeführt und dort von unten in die einzelnen Reaktoren 6 eingeschoben. Die Reaktoren 6 werden dabei gasdicht verschlossen.

Im Sektor b werden die einzelnen Reaktoren 6 in später noch genauer zu beschreibender Weise evakuiert. Im nachfolgenden Sektor c erfolgt eine Prozessvorbereitung, wobei im Wesentlichen die Kammer 5 und das Innere des Behälters 1 mit Prozessgas geflutet wird. Im nachfolgenden Sektor d findet die eigentliche Plasmasterilisation statt. Im Sektor e wird der jeweilige Reaktor 6 mit Flutgas steril auf Normaldruck geflutet.

Vor dem Abgeben der sterilisierten Behälter 1 können gegebenenfalls noch zwei Sektoren f und g vorgesehen werden. Im Sektor f werden die sterilisierten Behälter 1 vorzugsweise mit einem Füllgut befüllt, während sie im Sektor g anschließend steril verschlossen werden. Die sterilisierten, befüllten und verschlossenen Behälter 35 können dann in einem abschließenden Sektor h vom Rundläufer 42 abgestoßen und anschließend in Transportrichtung D abgeführt werden.

Die anhand der Fig. 1 beschriebenen Hochfrequenz-Generatoren 13 sind ebenfalls auf dem Rundläufer 42 angebracht. Da jedoch der dem eigentlichen Sterilisieren dienende Sektor d nur einen Teil des Umfangs des Rundläufers 42 einnimmt, genügt es, wenn einem Hochfrequenz-Generator 13 mehrere Reaktoren 6 zugeordnet werden. Beispielsweise können, wie in Fig. 2 dargestellt, drei Reaktoren 6 jeweils einem Hochfrequenz-Generator 13 zugeordnet werden. Die Anordnung ist dabei so getroffen, dass ein einem Reaktor 6 zugeschalteter Hochfrequenz-Generator 13 während des Durchlaufs durch den gesamten Sektor d zugeschaltet bleibt, dass eben dieser Hochfrequenz-Generator 13 bei Erreichen des Sektors e abgeschaltet wird und anschließend einem anderen Reaktor 6 zugeschaltet wird, der noch nicht den Sektor d erreicht hat. Hierfür ist eine nicht dargestellte Relais-Schaltung vorgesehen. Zu jedem beliebigen Zeitpunkt ist somit ein ganz bestimmter Reaktor 6 von einem ganz bestimmten Hochfrequenz-Generator 13 betrieben. Hingegen ist vorgesehen, dass jedem Reaktor 6 in unmittelbarer Nähe ein eigenes Anpassnetzwerk 14 zugeordnet ist.

Wie bereits erwähnt, wird im Sektor b das Evakuieren der einzelnen Reaktoren 6 durchgeführt, und zwar in im vorliegenden Fall drei aufeinander folgenden, voneinander getrennten Evakuierungsstufen. Jeder der drei Evakuierungsstufen ist eine als Ringleitung ausgebildete Unterdruckkammer 26, 27, 28 zugeordnet, die auf dem Rundläufer 42 angebracht ist. Jede dieser Unterdruckkammern 26, 27 und 28 repräsentiert ein bestimmtes Druckniveau  $p_1$ ,  $p_2$  und  $p_3$ . Die Bereiche dieser drei Druckniveaus  $p_1$ ,  $p_2$  und  $p_3$  sind sowohl in den Unterdruckkammern 26, 27 und 28 der Fig. 1 als auch als Sektor in Fig. 2 angegeben. Dabei erkennt man auch den großen Sektor, welchem der Atmosphärendruck  $p_0$  zugeordnet ist.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, wird bei Beginn des Sektors b mit dem differenziellen Evakuieren begonnen, wobei aufeinander folgend drei Reaktoren 6 zunächst der als Ringleitung ausgebildeten Unterdruckkammer 26 zugeschaltet sind. Nachfolgend sind, immer noch in dem Sektor b, zwei Reaktoren 6 der Unterdruckkammer 27 mit einem bereits reduzierten Druckniveau zugeschaltet. Am Ende des Sektors b sind dann zwei Reaktoren 6 der dritten Unterdruckkammer 28 zugeschaltet, deren Druckniveau bereits das Niveau des Plasma-Entladungsdrucks ist. Dieser Plasma-Entladungsdruck bleibt dann bis zum Ende der Plasmaphase, also bis zum Ende des Sektors d aufrechterhalten. Der Druck  $p_3$  entspricht somit den Plasma-Entladungsdruck.

Auf Grund dieses differenziellen Evakuierens können für jede Evakuierungsstufe Pumpen 32, 33 und 34 derjenigen Bauart eingesetzt werden, die im jeweiligen Druckbereich besonders wirtschaftlich arbeitet. Bei der Pumpe 32 der ersten Evakuierungsstufe handelt es sich beispielsweise um eine Drehschieberpumpe, welche bei Drücken von oberhalb einem Millibar optimal arbeitet. Bei der Pumpe 33 der nachfolgenden Evakuierungsstufe handelt es sich beispielsweise um einen Pumpenstand, der aus zwei in Serie hintereinander geschalteten Pumpen 37 und 38 besteht. Die Pumpe 37 ist dabei eine Wälzkolbenpumpe, während es sich bei der Pumpe 38 um eine als Drehschieberpumpe ausgebildete

Vorpumpe handelt. Dies liegt daran, dass Wälzkolbenpumpen, auch Rootspumpen genannt, nicht gegen den Atmosphärendruck arbeiten können und deshalb eine Vorpumpe benötigen, die am Auspuff der Wälzkolbenpumpe saugt und das von der Wälzkolbenpumpe geförderte Gas auf Atmosphärendruck verdichtet und gegen diesen ausstößt. Bei der dritten Pumpe 34, die dem Plasma-Entladungsdruck der letzten Evakuierungsstufe zugeordnet ist, handelt es sich wieder um eine Wälzkolbenpumpe. Dieser kann die bereits erwähnte Wälzkolbenpumpe 37 als Vorpumpe zugeordnet sein.

Die Strömungswiderstände der zugehörigen Rohrleitungen sind stark druckabhängig. Bei dem erfindungsgemäßen differenziellen Evakuieren ist es nun möglich, die Querschnitte der einzelnen Leitungen den einzelnen Druckstufen optimal zuzuordnen und an die zu fördernden Massenströme anzupassen. Für die erste Evakuierungsstufe wird ein großer Leitungsquerschnitt benötigt, da hier eine große Gasmenge hindurchströmen muss. Bei der nächsten Evakuierungsstufe, die in der Größenordnung von einem Millibar liegt, fließt nur noch eine relativ kleine Gasmenge, und auch der Strömungswiderstand ist bei diesem Druck noch relativ niedrig. Deshalb genügt hier ein kleinerer Querschnitt. Für das Niveau des Plasma-Entladungsdruckes wird wieder ein großer Querschnitt benötigt, da zwar die zu fördernde Gasmenge relativ gering ist, jedoch der Strömungswiderstand bei so niedrigem Druck von nur etwa 0,2 mb relativ hoch ist.

Wie in Fig. 2 noch angedeutet, sind die Pumpen 32 und 33 stationär an der Anlage angebracht, während die dem Plasma-Entladungsdruck zugehörige Pumpe 34 direkt an dem Rundläufer 42 angebracht ist, da zur Minimierung des Strömungswiderstandes die Leitungen in ihrer Länge möglichst kurz gehalten werden sollen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Evakuieren eines Reaktors, in welchem wenigstens ein Gegenstand mittels eines Niederdruckplasmas sterilisiert wird, vom Atmosphärendruck auf den Plasma-Entladungsdruck, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei aufeinander folgende, voneinander getrennte Evakuierungsstufen vorgesehen sind, wobei der Reaktor in der ersten Evakuierungsstufe auf einen Zwischendruck und in der letzten Evakuierungsstufe wenigstens auf den Plasma-Entladungsdruck evakuiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Evakuierungsstufe eine gesonderte Unterdruckkammer vorgesehen ist, an die der Reaktor jeweils angeschlossen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Evakuierungsstufe wenigstens 80% des Luftvolumens abgepumpt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die letzte Evakuierungsstufe bis zum Ende des Sterilisationsvorganges aufrechterhalten wird.
5. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Reaktoren (6) vorgesehen ist, die jeweils mit Einrichtungen (20) zur Aufnahme wenigstens eines zu sterilisierenden Behälters (1) versehen sind und denen wenigstens zwei Unterdruckkammern (26, 27, 28) unterschiedlichen Druckniveaus zugeordnet sind, an welche die Reaktoren (6) aufeinander folgend anschließbar sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoren (6) am Umfang eines

Rundläufers (42) angeordnet sind, der mehrere stationär angeordnete Sektoren durchläuft, denen jeweils eine Unterdruckkammer (26, 27, 28) unterschiedlichen Druckniveaus zugeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruckkammern (26, 27, 28) als Ringkanäle ausgebildet sind.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Unterdruckkammer (26, 27, 28) wenigstens eine Pumpe (32, 33, 34) zugeordnet ist, wobei die dem Plasma-Entladungsdruck zugeordnete Pumpe (34) auf dem Rundläufer (42) angeordnet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



